

**This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

This Page Blank (uspto)

OPTICAL RECORDING MEDIUM REPRODUCING DEVICE AND RECORDER

Patent Number: JP9054956
Publication date: 1997-02-25
Inventor(s): TANAKA SHINICHI
Applicant(s):: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Requested Patent: ☐ JP9054956
Application Number: JP19960217357 19960819
Priority Number(s):
IPC Classification: G11B7/00 ; G11B7/125 ; G11B20/12 ; G11B20/14 ; G11B20/18 ; G11B20/18 ; G11B20/18
EC Classification:
Equivalents: JP2904140B2

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve recording density and to increase a processing speed by recording disk information to be recorded as an error correction code by a product code and constituting so that respective symbols incorporated in a one side code word are separated sufficiently.

SOLUTION: A recording medium 1 is constituted so as to record/reproduce information through a thinner protective layer 4 not to record/reproduce through a substrate 2. Here, the protection layer 4 is defined 1.5 in a refractive index and 0.5mm in a thickness. A numerical aperture NA of an objective lens 11 is 0.74. At this time, a period of an information track on a recording layer 3 is capable of making 1 μ m. Thus, the thickness of the transparent protection layer through which a light beam for recording/reproducing transmits is thinned, and thus, the objective lens with the large NA becomes usable, and the high recording density is realized.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

This Page Blank (uspto)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-54956

(43)公開日 平成9年(1997)2月25日

(51)Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 7/00		9464-5D	G 1 1 B 7/00	Q
7/125			7/125	C
20/12	1 0 1	9295-5D	20/12	1 0 1
20/14	3 4 1	9463-5D	20/14	3 4 1 A
20/18	5 3 2	9558-5D	20/18	5 3 2 B

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平8-217357
 (62)分割の表示 特願平2-64651の分割
 (22)出願日 平成2年(1990)3月15日

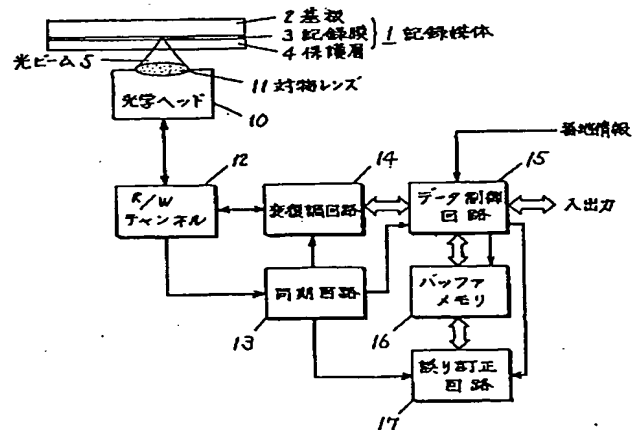
(71)出願人 000005821
 松下電器産業株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (72)発明者 田中 伸一
 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
 産業株式会社内
 (74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54)【発明の名称】 光記録媒体の再生装置及び記録装置

(57)【要約】

【課題】本発明は、光学的に情報を記録する光記録媒体の再生装置及び記録装置に関するもので、特にその記録密度を向上しようとするものである。

【解決手段】本発明の光記録媒体の再生装置及び記録装置は、記録すべきディスク情報を積符号による誤り訂正符号として記録し、少なくとも一方の符号語は、記録媒体1の表面の疵や埃によってバースト誤りが生じないように、それに含まれる各シンボルが互いに十分離れるように構成し、さらに少なくとも一方の符号語に含まれるパリティのシンボル数は、誤訂正の確率を十分小さくするのに必要な数を付加することによって、記録再生のための光ビームが透過する保護層4の厚みを1mm以下とし、情報トラックの周期も1.3μm以下とした光記録媒体を記録再生するものである。また、本発明の記録再生装置は、開口数NAが0.58以上の対物レンズ11で光ビームを収束するような構成を備えたものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】情報を所定の順序で2次元に配列し、各行と各列のそれぞれにパリティを付加して符号語とすることによって積符号とする誤り訂正符号化されたデジタル情報を光学的に再生する再生装置であって、再生する光記録媒体の透光性保護層の屈折率を n 、その厚みを t (mm) とするとき、前記行方向あるいは列方向のいずれか一方の符号語に含まれる各シンボルは、この符号語に含まれるパリティのシンボル数を d とするとき、少なくとも互いに、

$$2.4 \cdot t^{2/3} / (n \cdot [d/2]) \quad \text{mm}$$

および

$$400 / [d/2] \quad \mu\text{m}$$

(ただし、 $[]$ はガウス記号) のいずれか大きいものの距離以上情報トラックに沿って隔たるように配置し、また、いずれか一方の方向の符号語はガロア体 $GF(2^k)$ 上で生成され、これに含まれる情報のシンボル数を m とするとき、これに含まれるパリティのシンボル数 d は、

$$(2^k - 1) \cdot [(d-1)/2] + 1 \geq 10^{12} / (k \cdot m)$$

を満足するように情報トラックに沿って隔たるように配置した各シンボルを再生することを特徴とする光記録媒体の再生装置。

【請求項2】情報を所定の順序で2次元に配列し、各行と各列のそれぞれにパリティを付加して符号語とすることによって積符号とする誤り訂正符号化されたデジタル情報を光学的に記録する記録装置であって、記録する光記録媒体の透光性保護層の屈折率を n 、その厚みを t (mm) とするとき、前記行方向あるいは列方向のいずれか一方の符号語に含まれる各シンボルは、この符号語に含まれるパリティのシンボル数を d とするとき、少なくとも互いに、

$$2.4 \cdot t^{2/3} / (n \cdot [d/2]) \quad \text{mm}$$

および

$$400 / [d/2] \quad \mu\text{m}$$

(ただし、 $[]$ はガウス記号) のいずれか大きいものの距離以上情報トラックに沿って隔たるように配置し、また、いずれか一方の方向の符号語はガロア体 $GF(2^k)$ 上で生成され、これに含まれる情報のシンボル数を m とするとき、これに含まれるパリティのシンボル数 d は、

$$(2^k - 1) \cdot [(d-1)/2] + 1 \geq 10^{12} / (k \cdot m)$$

を満足するように情報トラックに沿って隔たるように配置した各シンボルを記録することを特徴とする光記録媒体の記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学的に情報を記録する光記録媒体の再生装置および記録装置に関するもので、特にその記録密度を向上しようとするものであ

る。

【0002】

【従来の技術】近年、光学的記録再生技術の応用製品の普及は目覚ましいものがあり、特に再生専用のオーディオ・ディスクやビデオ・ディスクは広く家庭にまで普及している。これらは、きわめて高密度で記録されており、各種の記録媒体の欠陥や埃に対する信頼性を確保するために、1.2mm程度の厚みの保護層や強力な誤り訂正符号が用いられている。

【0003】以下、図面を参照しながら、上述した従来の光学的再生装置および記録装置の一例について説明する。図3、図4は従来の光学的再生装置の一例としてコンパクト・ディスク・プレーヤーの概略構成図および記録フォーマットの概念図を示すものである。図3において、21は記録媒体であり、22はその基板、23はビットと呼ばれる凹凸を有する反射膜で形成された記録膜、24はその記録膜23を保護する保護層である。25は情報を読み取るための光ビームで基板22を透して記録膜23上に収束される。30は光学ヘッド、31はこの光学ヘッド30に含まれる対物レンズで、対物レンズ31は光ビーム25を記録膜23上に収束するとともにその反射光を受光し、光学ヘッド30は受光した検出光を電気信号に変換して出力する。32は再生チャンネルで、光学ヘッド30から出力される電気信号の増幅などのアナログ的な信号処理を行う。33は同期回路で、再生チャンネル32からの出力信号からクロック抽出を行ってリード・クロックを生成するとともに同期信号を検出して各部の動作に必要なタイミング信号をも生成する。34は復調回路で、同期回路33から出力されるリード・クロックとタイミング信号を参照しながら再生チャンネル32から出力されるチャンネル符号を元のデータに戻す。35はデータ制御回路、36はバッファ・メモリ、37は誤り訂正回路で、誤り訂正回路37はバッファ・メモリ36に記憶させているデータを読み出して誤り訂正を施した後に再びバッファ・メモリ36に誤り訂正されたデータを返し、データ制御回路35はこれらのデータの流れを制御し、さらに読み取ったデータのバッファ・メモリ36への蓄積やバッファ・メモリ36から読み出したデータを外部に出力することも行う。

【0004】以上のように構成された光記録媒体および再生装置について、以下その動作の説明をする。まず、対物レンズ31は光ビーム25を基板22を透して記録膜23上に収束する。このとき基板22の厚みは1.2mm程度であり、この基板22が通常考えられる程度に傾斜しても収差が許容範囲内になるように、対物レンズ31の開口数 NA は0.5程度以下に制限される。また光ビーム25には半導体レーザから放射される波長780nm程度の光が通常用いられる。記録膜23上に形成される光スポットは上記開口数と波長で定まる回折限界よりも小さく絞ることはできず、これが記録密度を制限する要因となる。実際に、上記した光学的条件では、トラックの周期を1.3 μm

程度に小さくするとクロストークが増加するので、1.5 μm 程度以上に設定されている。

【0005】記録膜23上には、記録すべきデータを高密度記録に適した変調コードに変換したチャンネルコードが記録されている。光学ヘッド30は、この記録膜23に光ビーム25を収束して光スポットを形成し、上記チャンネルコードが記録されている情報トラックを走査する。光学ヘッド30は、記録膜23からの反射光を受光し、電気信号に変換して出力する。再生チャンネル32は、光学ヘッド30から出力される信号のインピーダンス変換や増幅を行った後、波形整形して2値信号を出力する。同期回路33は、光学ヘッド30から出力される2値信号のエッジにPLLをロックさせて、チャンネルコードのビット周期に同期したチャンネルクロックを生成するとともに、上記2値信号に含まれる同期信号を検出して、各種タイミング信号をも生成する。復調回路34は、再生チャンネル32から出力される2値信号をチャンネルクロックで同期化してチャンネルコードを再生し、同期回路33から出力されるタイミング信号を参照することによってこのチャンネルコードをグループ化して元のデータに逆変換する。復調回路34によって再生された読取データは、データ制御回路35を経由してバッファ・メモリ36に蓄積される。

【0006】図4は、記録フォーマットを示す概念図である。記録媒体上には、

$D_n, 1, D_{n+1}, 2, D_n, 3, D_{n+1}, 4, \dots, D_{n+1}, 12, Q_n, 1, \dots, Q_{n+1}, 4, D_n, 13, D_{n+1}, 14, D_n, 15, D_{n+1}, 16, \dots, D_{n+1}, 24, P_n, 1, \dots, P_{n+1}, 4$

のように、図の行方向に沿って左から右に向かって、 n 行目と $n+1$ 行目との間で交互にデータ語がチャンネルコードに変換した後記録される。各データ語は1バイトで構成される。上記PおよびQで表した各バイトは、誤り訂正のためのパリティ・バイトで、Qパリティは図の斜め方向に4行毎に各バイトを集めたときに符号語を形成するように生成され、Pパリティは、図の1行が符号語となるように生成される。すなわち、

$D_n, 1, D_{n+4}, 2, \dots, D_{n+44}, 12, Q_{n+48}, 1, \dots, Q_{n+60}, 4, D_{n+64}, 13, D_{n+68}, 14, \dots, D_{n+108}, 24$ が符号語となるように、 $Q_{n+48}, 1, \dots, Q_{n+60}, 4$ が生成され、

$D_n, 1, D_n, 2, \dots, D_n, 12, Q_n, 1, \dots, Q_n, 4, D_n, 13, D_n, 14, \dots, D_n, 24, P_n, 1, \dots, P_n, 4$

が符号語となるように、 $P_n, 1, \dots, P_n, 4$ が生成される。このように、2つの方向に符号語を形成することによって、一種の積符号に構成されている。

【0007】図3のデータ制御回路35は、バッファ・メ

モリ36から図4の行方向の符号語を読み出して誤り訂正を行って訂正後の符号語をバッファ・メモリ36に再び返し、行方向の符号語の訂正動作が完了した部分の斜め方向の符号語をバッファ・メモリ36から読み出して誤り訂正を行い、訂正後の符号語を再びバッファ・メモリ36に返すように誤り訂正回路37を制御する。データ制御回路35はさらに、すべての訂正動作が完了したバッファ・メモリ36上のデータを、所定の順番に所定の速度で読み出して出力する。(例えば、オーム社「コンパクトディスク読本」103~110ページ)

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記のような構成では、行方向の符号語を構成する各シンボルが記録媒体上に互いに近接して記録され、しかもいずれの方向にもパリティは4シンボルしか付加していないため、基板22を薄くすると、表面の疵や埃によるバースト誤りが頻繁に発生し、消失訂正を用いながら2つの方向に交互に訂正するような繰り返し訂正を施しても訂正能力が不十分で、誤訂正率も十分に小さくならず、コンピュータの外部記憶などには実用が困難であった。そのために、基板の厚みは1mm以上が必要で、実際には1.2mm程度のものが用いられ、その結果、対物レンズのNAは0.5程度以下に制限され、記録密度の向上が妨げられるという問題点を有していた。

【0009】本発明は上記問題点に鑑み、記録再生のための光ビームが透過する透明層の厚みを1mm程度以下に薄くしても実用可能で、したがってNAの大きな対物レンズを用いて高密度記録を行うことも可能な光記録媒体および記録再生装置を提供するものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記問題点を解決するために、本発明の光記録媒体は、記録すべきディスク情報を積符号による誤り訂正符号として記録し、少なくとも一方の符号語は、記録媒体表面の疵や埃によって訂正不可能なバースト誤りが生じないように、それに含まれる各シンボルが互いに十分離れるように構成し、さらに少なくとも一方の符号語に含まれるパリティのシンボル数は、誤訂正の確率を十分小さくするのに必要な数を付加することによって、記録再生のための光ビームが透過する保護層の厚みを1mm以下とし、情報トラックの周期も1.3 μm 以下としたものである。また、本発明の記録あるいは再生装置は、上記光記録媒体に情報を記録あるいは記憶媒体から情報を再生するためのもので、開口数NAが0.58以上の対物レンズで光ビームを収束するような構成を備えたものである。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明は、高い記録密度で情報を記録あるいは再生可能な開口数の大きな対物レンズを用いても、光ビームが透過する透明保護層が1mm以下と薄いので従来と同等の記録媒体の傾きが許容され、しか

も、消失訂正も用いた繰り返し訂正が可能な積符号としたので、記録媒体表面の疵や埃に対しても十分な信頼性を確保することができることとなる。

【0012】これについてももう少し詳しく以下に説明する。一般に、光学的な記録を行うときの記録密度は、記録膜上に収束する光スポットの大きさで制限される。光スポットが小さくなれば、トラック周期もビット周期も比例して小さくすることができる。ただしビット周期は、変調コードや波形等化などの工夫により、一定の帯域でより多くの情報量を伝送することができるので、一概に光スポットだけで制限されるとは言えない。しかし、トラック周期は、これを小さくしたときに発生するクロストークに対して、これらの手法による改善は困難であるので、ほとんど光スポットの大きさによって制限されると言える。光スポットの大きさは、対物レンズの開口数に反比例する。したがって、対物レンズの開口数を大きくすればトラックの周期を小さくでき、記録密度の向上がはかれることになる。従来例では、開口数0.5に対してトラック周期は1.5 μm 程度に設定されている。

【0013】一方、対物レンズの開口数は無制限に大きくできる訳ではなく、これを制限する別の要因がある。それは、記録媒体が傾斜したときに発生する収差である。この収差は、開口数や光ビームが透過する透明保護層の厚みが大きくなると大きくなり、同じ傾斜角度に対して許容される開口数は、透明保護層の厚みの立方根に反比例する。従来から透明保護層の厚みは、表面の疵や埃をディフォーカスさせて読取信号に対する影響を緩和するために1.2mm程度に設定されている。そのため、開口数は0.55程度が実用的な限界である。この開口数を大きくするためには、透明保護層の厚みを小さくする必要がある。この厚みが1mm以下になってくると、信号に対する疵や埃の影響が目立ってくる。そこで、疵や埃の影響をディフォーカスさせて光学的に緩和する代わりに、信号処理によってその影響を分散して緩和してやれば、1mm以下の薄い透明保護層でも実用に耐え得ることとなる。

【0014】通常の使用環境下において、許容しなければならない表面の疵や埃の大きさの上限は、実験的・経験的には200 μm 程度である。したがって、透明保護層の厚みが無視できる程薄くても、200 μm にわたる信号の欠落に耐え得る記録フォーマットとしなければならぬ。さらに、透明保護層の厚みがさらに厚くなると、その表面における光ビームの径が200 μm を越えるときには、そのビーム径相当の長さの信号が欠落してもそれに耐え得るような信号フォーマットとしなければならぬ。透明保護層の屈折率をn、その厚みをt (mm)、対物レンズの開口数をNAと表せば、透明保護層表面における光ビームの径Dは、

$$D \approx 2 \cdot NA \cdot t / n \quad (\text{mm})$$

となる。透明保護層の厚み1.2mmに対する開口数の実用限界は0.55であるので、上記透明保護層に対する開口数の限界NAは、

$$NA \approx 0.55 \cdot (1.2 / t)^{1/3} \\ \approx 0.58 / t^{1/3}$$

したがって、

$$D \approx 1.2 \cdot t^{2/3} / n$$

となる。このような長さの信号の欠落が頻繁に発生することになるので、それに耐え得るような記録フォーマットとしなければならない。そこで本発明は、以下のようにしてその課題を解決しようとするものである。

(1) 積符号を用い、繰り返し訂正により強力な誤り訂正ができるようにする。

(2) 少なくともいずれか一方の符号語は、上記したような長さの信号の欠落があっても訂正不可能なバースト誤りとならないだけのインターリーブ長を確保する。

(3) すくなくともいずれか一方の方向の符号語は、その能力の限界までの訂正動作を行っても、能力の限界を越えた誤りを誤訂正する確率を十分小さくするのに必要な数以上のシンボル数のパリティを付加し、それと直交する方向に消失訂正できるようにする。

【0015】積符号とは、データを2次元に配列して、その行方向と列方向のそれぞれにパリティを付加して、それぞれの方向が独立した符号語となるようにしたものである。繰り返し訂正とは、行方向の訂正動作と列方向の訂正動作を、誤りの数が減少する限り交互に何回も訂正動作を行うことである。積符号の繰り返し訂正は極めて訂正能力を高くでき、消失訂正を併用すれば一層効果的である。消失訂正とは、ある符号語の訂正動作を行うとき、予め誤っているシンボルが分かっているときには、そのシンボルが消失していると見なし、残りのシンボルから消失したシンボルを算出する訂正方法であり、消失していないシンボルがすべて正しいときには、パリティのシンボル数と同じ数のシンボルが消失してもそのシンボルを算出することができるというものである。例えば、パリティが16シンボルのとき、通常の訂正動作では8シンボル訂正しかできないが、消失訂正のみを行うときには16シンボルが消失しても元の符号語に復号することができる。この消失訂正を積符号の訂正に用いるには、例えば次のようにして行う。まず2次元に配列した積符号を1つの単位ブロックとすると、1ブロックのデータを読み出してメモリ上に蓄積し、行方向の訂正動作を各行について行う。

【0016】このとき、訂正不可能な行方向の符号語にはフラグをセットする。行方向の符号語にセットされたフラグの数が列方向のパリティの数よりも少ないときには、これらの符号語がすべて消失したものと見なし、列方向の符号語に対して消失訂正することにより、完全な誤り訂正を行うことができる。上記フラグが多すぎるときには消失訂正ではなく、通常の誤り訂正を行う。こ

のとき、列方向の符号語が少なくとも1つ訂正され、全部は訂正されなかった場合には、もう1度上記行方向の訂正動作から繰り返し行えばよい。このような消失訂正を行うときには、上記フラグの信頼性が重要である。例えば、行方向の訂正動作のとき、本来は訂正不可能な誤りを誤訂正してしまったときにはフラグがセットされず、列方向に能力一杯に消失訂正すると、この誤訂正が見落とされ、誤りを含んでいるにもかかわらずそれを正しいと見なして訂正動作を完了してしまう。このような消失訂正の問題を解決するためには、行方向の訂正動作における誤訂正の確率を十分小さくしておく必要がある。

【0017】誤訂正の確率を十分小さくするのに必要なパリティのシンボル数について、以下に説明する。いま、各シンボルは n ビットから成る、すなわち、符号語はガロア体 $GF(2^n)$ 上に生成されているものとする。パリティのシンボル数を d とすれば、訂正できるシンボル数は、

$[d/2]$ シンボル

(ただし、 $[]$ はガウス記号) である。誤っているシンボルの数が $[d/2] + 1$ になると誤訂正する可能性がある。

【0018】その確率は、

$$(2^n - 1)^{[(d-1)/2] + 1}$$

である。一般に、データ用の記憶装置において許容される誤りの発生頻度は、 10^{12} ビットに1回の割合であると言われている。したがって、この符号語に含まれる情報のシンボル数を m とすれば、

$$(2^n - 1)^{[(d-1)/2] + 1} \geq 10^{12} / (n \cdot m)$$

を満たすように d を決めれば、十分に信頼性の高い消失訂正を行うことができる。シンボルのビット数 n が8で、情報のシンボル数 m が30以上とすれば、 d は7以上であればよい。

【0019】次に、インターリーブについて説明する。インターリーブとは1つの符号語の中の各シンボルが記録媒体上に連続して記録されるのではなく、一定の間隔をおいてとびとびに記録されるように並び変えて記録することである。こうすることによって、読取信号に比較的長い欠落によるバーストエラーがあっても、その欠落によるバーストエラーによって1つの符号語の中に多数の誤りが発生するのを防ぐことができる。比較的頻繁に起こる程度のバーストエラーに対しては、1つの符号語の中に高々1つの誤りしか発生しないようにするのが理想的であるが、1つのバーストエラーによって生じる誤りのシンボル数が訂正可能なシンボル数の半分以下であれば、ブロック内にもうひとつのバーストエラーがあっても訂正するだけの能力の余力があり、インターリーブとしては十分効果的であると言える。符号語に含まれるパリティのシンボル数を d とすれば、訂正できるシンボル誤りの数は $[d/2]$ であるので、符号語に含まれる

各シンボルの相互の距離が、読取信号のバーストエラーの長さを $[d/2] / 2$ で割った値以上であればよい。頻繁に発生する読取信号のバーストエラーの長さは記録媒体上の距離にして、 $200 \mu m$ 、 $2 \cdot NA \cdot t / n$ あるいは $1.2 \cdot t^{2/3} / n$ であるので、各シンボルの相互の距離が、
 $400 / [d/2]$

$$4 \cdot NA \cdot t / (n \cdot [d/2])$$

$$2 \cdot 4 \cdot t^{2/3} / (n \cdot [d/2])$$

のいずれよりも大きくなるようにインターリーブすればよい。

【0020】以上説明した手段をすべて併用することにより、透明保護層の厚みを1mm程度以下に薄くしても、実用上十分な信頼性を確保でき、記録密度の向上をはかることができることとなる。以下本発明の一実施例の光記録媒体および記録再生装置について、図面を参照しながら説明する。

【0021】図1は本発明の実施例における光記録媒体および記録再生装置の概略構成図を示すものである。図1において、1は記録媒体であり、2はその基板、3は情報の記録を行う記録膜、4はその記録膜3を保護する保護層である。5は情報を読み取るための光ビームで保護層4を透して記録膜3上に収束される。10は光学ヘッド、11はこの光学ヘッド10に含まれる対物レンズ、12は記録再生チャンネル、13は同期回路、14は復調回路、15はデータ制御回路、16はバッファ・メモリ、17は誤り訂正回路で、これらはいずれも図3の従来例と基本的には同じ機能を有する。

【0022】以上のように構成された光記録媒体および記録再生装置について、以下、図1および図2を用いてその動作を説明する。まず、記録媒体1は、従来例と異なっており、基板2を透して情報の記録再生を行うのではなく、より薄い保護層4を透して記録再生するようにしている。ここでは、保護層4は屈折率が1.5で厚みを0.5mmとする。対物レンズ11の開口数NAは0.74である。このとき記録膜3上の情報トラックの周期は1 μm とすることができる。この記録媒体1から情報を読み取るときには、光学ヘッド10、記録再生チャンネル12、同期回路13および復調回路14の動作は従来例と同じであるので、詳細な説明は省略する。

【0023】図2は、本実施例における記録フォーマットを示す概念図である。同図において、 $D_{i,j}$ はデータ・シンボルを表し、シンボルは8ビットから成る。行方向にはデータを129シンボル配列し、これらのデータ $D_{i,0} \sim D_{i,128}$ に16シンボルのパリティ $P_{i,0} \sim P_{i,15}$ を付加してリード・ソロモン符号としている。さらに列方向にも、129シンボルのデータを配列し、これら $D_{0,j} \sim D_{128,j}$ や $P_{0,k} \sim P_{128,k}$ にも16シンボルのパリティ $Q_{0,j} \sim Q_{15,j}$ を付加して、やはりリード・ソロモン符号としている。これらの積符号全体を1つ

のブロックとして、ブロック毎に番地が付けられた記録媒体の所定の位置に記録される。このとき、記録媒体上には、この配列を斜め方向に走査した順番に記録される。すなわち、記録媒体上には各シンボルが、

$$\begin{aligned} &D_{0,0} \cdot D_{1,1} \cdots D_{128,128} \cdot Q_{0,129} \cdots Q_{15,144} \cdot \\ &D_{1,0} \cdot D_{2,1} \cdots D_{128,127} \cdot Q_{0,128} \cdots Q_{15,143} \cdot \\ &P_{0,15} \cdot D_{2,0} \cdot D_{3,1} \cdots D_{128,126} \cdot Q_{0,127} \cdots Q_{15,142} \cdot \\ &P_{0,14} \cdot P_{1,15} \cdot D_{3,0} \cdots \end{aligned}$$

のように配列される。このブロックはさらに4行毎に複数のセクターに分割されている。第0～3行は最初のセクター、第4～7行は2番目のセクターのように分割され、第124～127行が32番目のセクターである。第128行には、このブロックおよびこのブロック内の各セクターの属性を記録することができる。また、各セクターは516バイトの容量を有することになり、512バイトのユーザー・データの他に4バイトのCRCコードを含めることができる。

【0024】このようなフォーマットで記録されたデータを読み取る際の動作についてさらに説明する。ホスト・コンピュータなどの外部装置から情報を読み取るべきセクターの番地が指示されると、データ制御回路15は、そのセクターが含まれるブロックの番地とその中の何番目のセクターであるかを演算する。ブロックの番地が分かると、図には示していないが、これをアクセス手段に指示し、光学ヘッド10を所定の位置に位置決めする。読取信号の中から所定のブロック番地を見つけると、データ制御回路15はそのブロックから読み取ったデータをバッファ・メモリ16に蓄積する。読み取りが完了するとデータ制御回路15は、誤り訂正回路17を制御して列方向の誤り訂正動作を行わせる。各符号語には16シンボルのパリティが含まれているので、8重誤り訂正まで可能である。訂正できない符号語にはフラグをセットする。この列方向の訂正動作が一通り終わると、次に行方向の訂正動作を行うように誤り訂正回路17は制御される。列方向の訂正動作でセットされたフラグの数が16以下のときには、フラグのセットされている列方向の符号語はすべて消失したものとして、行方向に消失訂正を行うことにより、誤りをすべて訂正することができる。上記フラグの数が16を越えるときには、行方向に8重誤りまでの訂正動作を行う。このときにも、訂正不可能のときには、その符号語にフラグをセットする。このようにして行方向の訂正動作が一通り終わると、再び、行方向の訂正動作と同様の訂正動作を列方向に行う。このようにして、列方向と行方向の訂正動作を交互に繰り返す。誤りのシンボルがすべて訂正されるか、誤りのシンボルの数がまったく減少しなくなると訂正動作を終了する。所定のセクターの誤りがすべて訂正されているときには、データ制御回路15はそのセクターのデータをバッファ・メモリ16から読み出して外部に出力する。所定のセクターに誤りが残っているときには、リード・エラーの

信号を外部に出力する。

【0025】一方、所定のセクターのデータを書き換えるときには、読み取るときと同様に、まず、所定のセクターを含んだブロックのデータを読み出してバッファ・メモリ16に蓄積し、訂正動作を行う。訂正ができなかったときには、ライト・エラー信号を出力する。訂正動作が正常に終了すると、所定のセクターのデータを書き換えるとともに、書き換えられた行の行方向のパリティのみを演算して書き換える。バッファ・メモリ16は、複数のブロックのデータを蓄積できる容量を有しているので、このバッファ・メモリ16上のデータを書き換えた直後に記録媒体のブロックを書き換える必要はなく、適当な時にバッファ・メモリ16の内容を記録媒体に移せばよい。したがって、最後にバッファ・メモリ16のセクターの情報の書き換えが行われてから、この書き換えの行われたブロックのデータを記録媒体に移すまでの間に列方向のパリティを演算して書き換えればよい。

【0026】以上のように本実施例によれば、誤り訂正符号を積符号とし、信頼性の高い消失訂正を用いて繰り返し訂正ができるようにパリティのシンボル数を十分多くし、さらにインターリーブの長さも十分大きくすることにより、記録再生のための光ビームが透過する透明保護層の厚みを薄くすることができ、それによって開口数NAの大きな対物レンズが使用可能となつて、高い記録密度を実現することができる。また、このような積符号はブロックサイズが大きくなり、記録媒体への記録再生はこのブロック単位で行う必要があるが、このブロックを複数のセクターに分割し、バッファ・メモリ上でセクター単位の書き換えを行うように構成することにより、僅かなデータのために大きなブロック全部を費やすことがなく、効率良く記録媒体を使用することができる。

【0027】なお、上記実施例においては、図2のような記録フォーマットで説明したが、このような具体的なフォーマットに限定されるものではなく、例えば、行方向の符号語を列方向のそれより半分程度に短くし、この符号語を行方向に2つ並べるような構成にすることもできる。この場合にも、上記実施例と同様の動作で差し支えない。

【0028】さらに、本実施例では、記録膜3を挟んで基板2と反対側に薄い保護層4を設け、これを透して情報の記録再生を行うようにしたが、従来例と同様の構成にして、基板22を薄くするだけでも差し支えない。

【0029】

【発明の効果】以上のように本発明は、記録すべき情報を実質的に2次元に配列した列方向と行方向のそれぞれにパリティを付加して符号語とする積符号となし、いずれか一方の符号語は、200μm程度の欠陥があっても高々2重誤りしか発生しないようにインターリーブし、さらに、いずれか一方の方向の符号語の誤り訂正確率が十分小さくなるようにパリティのシンボル数を限定するこ

とにより、情報を記録再生する光束が透過する光記録媒体の保護層の厚みを1mm以下に制限し、対物レンズの開口数を0.58以上と大きくして、トラック周期を1.3 μ m以下に小さくすることにより、従来と同程度のクロストーク特性のままで高密度記録をすることができる。

【0030】さらに、積符号を構成するいずれの方向の符号語も、200 μ m程度の欠陥があっても高々訂正能力の半分以下の誤りしか発生しないようにインターリーブしたり、いずれの方向の符号語も共に誤訂正確率が十分小さくなるようにパリティのシンボル数を限定することにより、記録媒体表面の疵や埃に一層強くなるという効果が得られる。

【0031】さらに、行方向と列方向と共に長いインターリーブとするとブロックのサイズが大きくなるが、このブロックを複数のセクターに分割し、このセクター単位で書き換えができるようにすることによって、記録媒体を効率よく利用することができる。また、セクターの分割を行方向あるいは列方向に沿って行うことにより、セクターのデータが書き換えられたとき、その直後には

そのセクターだけに関連するパリティのみを演算して書き換え、複数のセクターにまたがるパリティの書き換えは、最後にデータが書き換えられてから記録媒体に移すまでの間に1回だけ行うことによって、処理速度を速くすることができるという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例における記録再生装置の概略構成図

【図2】本実施例における記録フォーマットの概念図

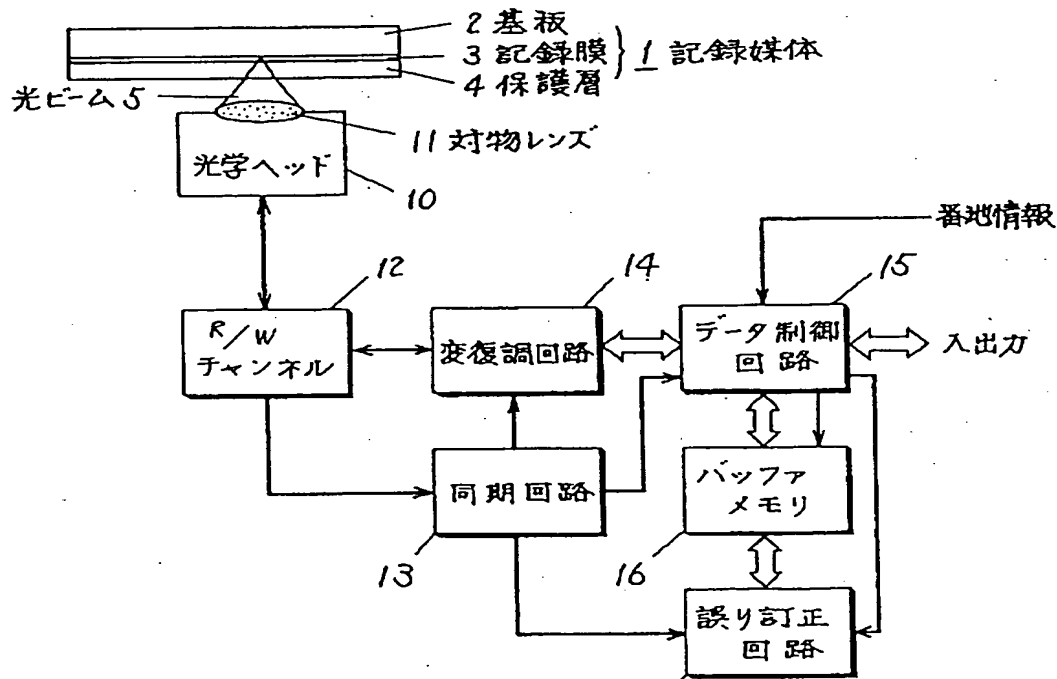
【図3】従来例の光学的再生装置の概略構成図

【図4】従来例における記録フォーマットの概念図

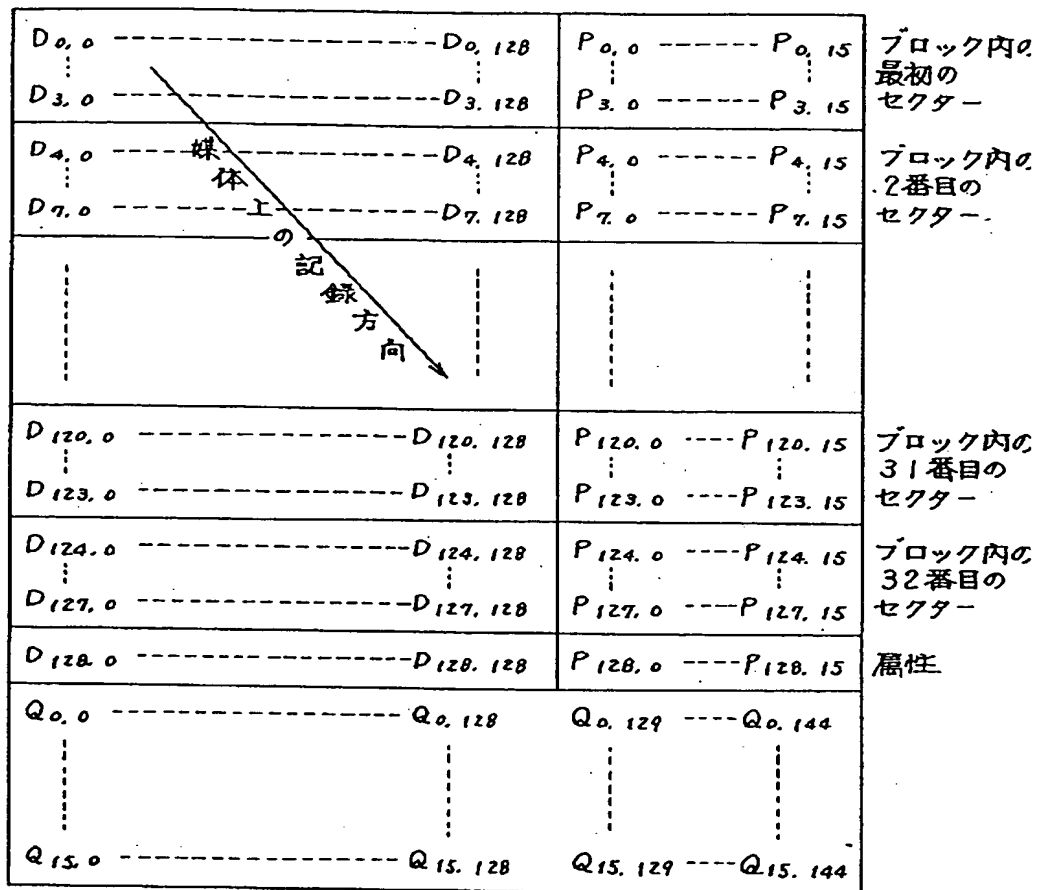
【符号の説明】

- | | |
|----|----------|
| 1 | 記録媒体 |
| 4 | 保護層 |
| 10 | 光学ヘッド |
| 11 | 対物レンズ |
| 15 | データ制御回路 |
| 16 | バッファ・メモリ |
| 17 | 誤り訂正回路 |

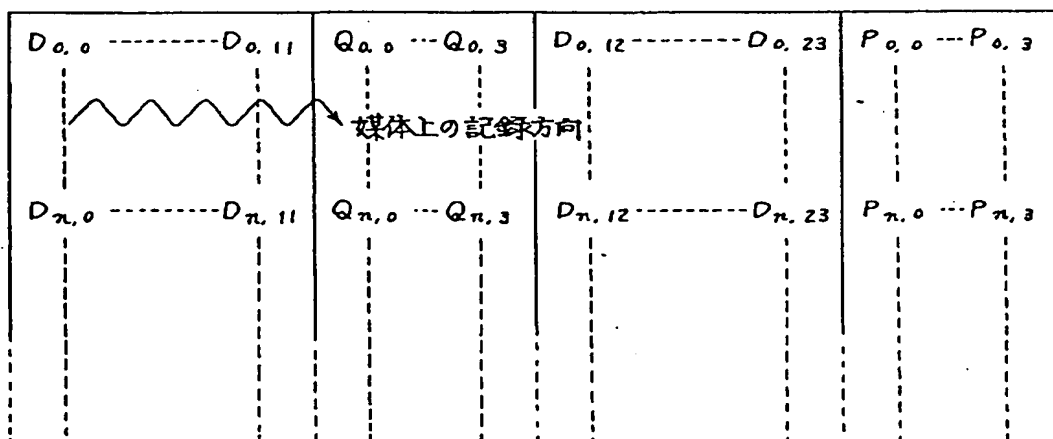
【図1】



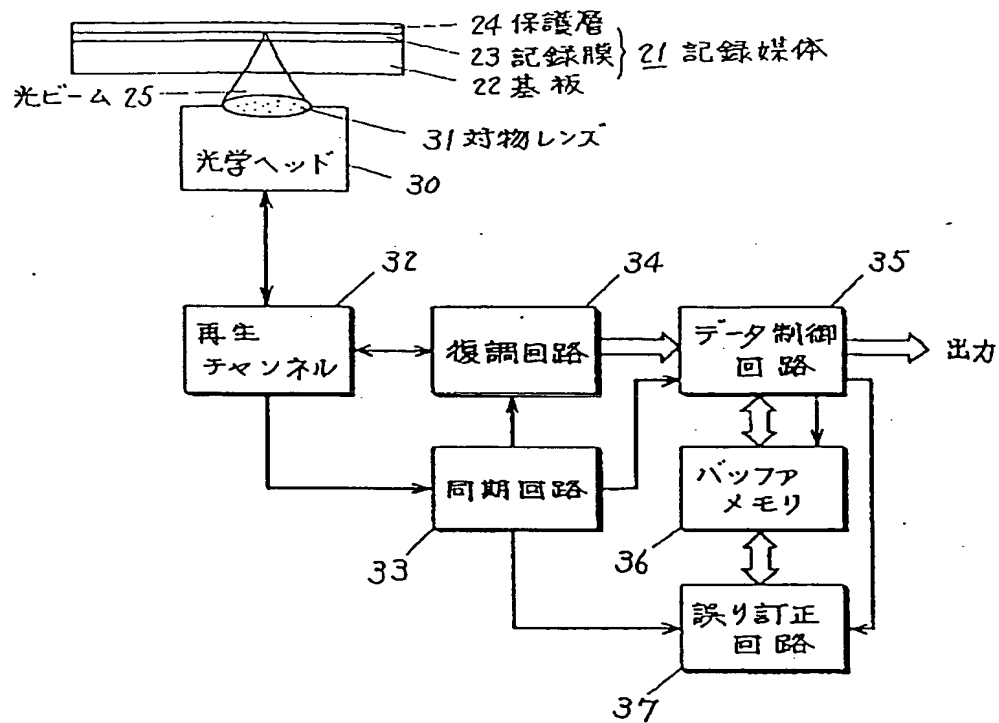
【図2】



【図4】



【図 3】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

G 1 1 B 20/18

識別記号

5 4 0

5 7 2

庁内整理番号

9558-5D

9558-5D

F I

G 1 1 B 20/18

技術表示箇所

5 4 0 A

5 7 2 C

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
 【部門区分】第6部門第4区分
 【発行日】平成11年(1999)7月30日

【公開番号】特開平9-54956
 【公開日】平成9年(1997)2月25日
 【年通号数】公開特許公報9-550
 【出願番号】特願平8-217357
 【国際特許分類第6版】

G11B 7/00
 7/125
 20/12 101
 20/14 341
 20/18 532
 540
 572

【F I】

G11B 7/00 Q
 7/125 C
 20/12 101
 20/14 341 A
 20/18 532 B
 540 A
 572 C

【手続補正書】

【提出日】平成9年3月7日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】 光記録媒体

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル情報が、光学的に読み取り可能な状態で情報トラック上に形成された光記録媒体であって、前記情報トラックの周期は $1.3\mu\text{m}$ 以下、前記光記録媒体の透光性保護層の厚みは 1mm 以下であることを特徴とする光記録媒体。

【請求項2】 透光性保護層は基板であることを特徴とする請求項2記載の光記録媒体。

【手続補正書】

【提出日】平成10年12月4日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のセクターにまたがるデジタル情報および各セクタの属性情報を所定の順序で2次元に配列したときの各行と各列のそれぞれにパリティを付加し積符号としたブロックが情報として記録され、前記記録さ

れた情報は光学的に読み取り可能で、上記情報を読み取るための光束が透過する透明保護層の厚み t が 1mm 以下で、積符号の少なくとも1方向の符号語は、これに含まれるシンボル数を d とすると、この符号語を構成する各シンボルは互いに情報トラックに沿って少なくとも、

$$2.4 \cdot t^{1/3} / (n \cdot [d/2]) \text{ mm}$$

および

$$400 / [d/2] \mu\text{m}$$

(ただし、 $[x]$ は x を超えない最大の整数を表す)のいずれか大きいものの距離以上隔たるように配置して成る

ことを特徴とする記録媒体。

【請求項 2】複数のセクターにまたがるデジタル情報および 1 セクタのエラーを検出する各セクタ毎のエラー検出コードを所定の順序で 2 次元に配列したときの各行と各列のそれぞれにパリティを付加し積符号としたブロックが情報として記録され、前記記録された情報は光学的に読み取り可能で、上記情報を読み取るための光束が透過する透明保護層の厚み t が 1 mm 以下で、積符号の少なくとも 1 方向の符号語は、これに含まれるシンボル数を d とするとき、この符号語を構成する各シンボルは互いに情報トラックに沿って少なくとも、

$$2.4 \cdot t^{1/3} / (n \cdot [d/2]) \text{ mm}$$

および

$$400 / [d/2] \text{ } \mu\text{m}$$

(ただし、 $[x]$ は x を超えない最大の整数を表す) のいずれか大きいものの距離以上隔たるように配置して成ることを特徴とする記録媒体。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】通常の使用環境下において、許容しなければならない表面の疵や埃の大きさの上限は、実験的・経験的には $200 \mu\text{m}$ 程度である。したがって、透明保護層の厚みが無視できる程薄くても、 $200 \mu\text{m}$ にわたる信号の欠落に耐え得る記録フォーマットとしなければならない。さらに、透明保護層の厚みがさらに厚くなると、その表面における光ビームの径が $200 \mu\text{m}$ を越えるときには、そのビーム径相当の長さの信号が欠落してもそれに耐え得るような信号フォーマットとしなければならない。透明保護層の屈折率を n 、その厚みを t (mm)、対物レンズの開口数を NA と表せば、透明保護層表面における光ビームの径 D は、

$$D \approx 2 \cdot NA \cdot t / n \text{ (mm)}$$

となる。透明保護層の厚み 1.2 mm に対する開口数の実用限界は 0.55 であるので、上記透明保護層に対する開口数の限界 NA は、

$$NA \approx 0.55 \cdot (1.2 / t)^{1/3}$$

$$\approx 0.58 / t^{1/3}$$

したがって、

$$D \approx 1.2 \cdot t^{1/3} / n$$

となる。このような長さの信号の欠落が頻繁に発生することになるので、それに耐え得るような記録フォーマットとしなければならない。そこで本発明は、以下のようにしてその課題を解決しようとするものである。

(1) 積符号を用い、繰り返し訂正や消失訂正などの強力な誤り訂正もできるようにする。

(2) 少なくともいずれか一方の符号語は、上記したような長さの信号の欠落によるバースト誤りを訂正しても、

ランダム誤りに対する訂正能力が少なくとも半分は残るようにインターリーブ長を確保する。

(3) すくなくともいずれか一方の方向の符号語は、その能力の限界までの訂正動作を行っても、能力の限界を越えた誤りを誤訂正することによって生じる誤りのビットエラー率がコンピュータ用の補助記憶装置のビットエラー率の限界とされる 10^{-12} をこえないようにするのに必要な数以上のシンボル数のパリティを付加し、それと直交する方向に消失訂正できるようにする。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】このとき、訂正不可能な行方向の符号語にはフラグをセットする。行方向の符号語にセットされたフラグの数が列方向のパリティの数よりも少ないときには、これらの符号語がすべて消失したものと見なし、列方向の符号語に対して消失訂正することにより、完全な誤り訂正を行うことができる。上記フラグが多すぎるときには消失訂正ではなく、通常の誤り訂正を行う。このとき、列方向の符号語が少なくとも 1 つ訂正され、全部は訂正されなかった場合には、もう 1 度上記行方向の訂正動作から繰り返し行えばよい。このような消失訂正を行うときには、上記フラグの信頼性が重要である。例えば、行方向の訂正動作のとき、本来は訂正不可能な誤りを誤訂正してしまったときにはフラグがセットされず、列方向に能力一杯に消失訂正すると、この誤訂正が見落とされ、誤りを含んでいるにもかかわらずそれを正しいと見なし訂正動作を完了してしまう。このような消失訂正の問題を解決するためには、行方向の訂正動作における誤訂正によって生じる誤りのビットエラー率を、コンピュータの補助記憶装置に一般的に要求される 10^{-12} 以下とする必要がある。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】誤訂正の確率を十分小さくするのに必要なパリティのシンボル数について、以下に説明する。いま、各シンボルは k ビットから成る、すなわち、符号語はガロア体 $GF(2^k)$ 上に生成されているものとする。パリティのシンボル数を d とすれば、訂正できるシンボル数は、

$[d/2]$ シンボル

(ただし、 $[]$ はガウス記号であり $[X]$ は X を超えない最大の整数を表す) である。誤っているシンボルの数が $[d/2] + 1$ 以上になると誤訂正する可能性がある。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】符号語が m 個のデータシンボルと d 個のバリティシンボルとから構成される、リード・ソロモン符号のようなもっとも効率のよい符号語であるものとする。このようなある符号語の中から任意に m 個のシンボルを取り出すと、その中にエラーが含まれていても、その m 個がそのようなエラーを含んだ値を本来の正しい値とする他の符号語は必ず存在する。 m 個のデータは任意の値を取り得るからである。ただしその様な他の符号語における残りの d 個のシンボルに関しては、上記 m 個のシンボルにエラーがない元の符号語に比べて、ほとんどの場合すべて異なった値となる。ところが、残りの d 個のシンボルの内 $d - \lfloor d/2 \rfloor$ 個のシンボルがエラーで、しかもそれらのシンボルが上記他の符号語のそれらと同じ値に間違えると、上記他の符号語の残りの $\lfloor d/2 \rfloor$ 個のシンボルだけがエラーとなったように見えて、他の符号語に訂正動作をしてしまう。その結果、符号語は誤った符号語に訂正されることになる。各シンボルが k ビットから構成されるとすれば、シンボルが誤ったとき取り得る値は $(2^k - 1)$ 通り存在するので、他の符号語の中の対応する位置のシンボルと同じ値に誤る確率は、

$$1 / (2^k - 1)$$

である。したがって $d - \lfloor d/2 \rfloor$ 個のシンボルがすべて他の符号語のそれらに対応する位置のシンボルの値と同じ値に誤る確率は $d - \lfloor d/2 \rfloor = \lfloor (d-1)/2 \rfloor + 1$ であるので、

$$1 / (2^k - 1)^{\lfloor (d-1)/2 \rfloor + 1}$$

である。一般に、データ用の記憶装置において許容される誤りの発生頻度は、 10^{12} ビットに1回の割合であると言われている。したがって、この符号語に含まれる情報のシンボル数を m とすれば、

$$(2^k - 1)^{\lfloor (d-1)/2 \rfloor + 1} \geq 10^{12} / (k \cdot m)$$

を満たすように d を決めれば、十分に信頼性の高い消失

訂正を行うことができる。シンボルのビット数 k が8で、情報のシンボル数 m が30以上とすれば、 d は7以上であればよい。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】次に、インターリーブについて説明する。インターリーブとは1つの符号語の中の各シンボルが記録媒体上に連続して記録されるのではなく、一定の間隔をおいてとびとびに記録されるように並び変えて記録することである。積符号においては、少なくとも一方の方向の符号語が、インターリーブされた状態となる。こうすることによって、読取信号に比較的長い欠落によるバーストエラーがあっても、その欠落によるバーストエラーによって1つの符号語の中に多数の誤りが発生するのを防ぐことができる。比較的頻繁に起こる程度のバーストエラーに対しては、1つの符号語の中に高々1つの誤りしか発生しないようにするのが理想的であるが、1つのバーストエラーによって生じる誤りのシンボル数が訂正可能なシンボル数の半分以上であれば、ブロック内にもうひとつのバーストエラーがあっても訂正するだけの能力の余力があり、インターリーブとしては十分効果的であると言える。符号語に含まれるバリティのシンボル数を d とすれば、訂正できるシンボル誤りの数は $\lfloor d/2 \rfloor$ であるので、符号語に含まれる各シンボルの相互の距離が、読取信号のバーストエラーの長さを $\lfloor d/2 \rfloor / 2$ で割った値以上であればよい。頻繁に発生する読取信号のバーストエラーの長さは記録媒体上の距離にして、 $200 \mu\text{m}$, $2 \cdot \text{NA} \cdot t / n$ あるいは $1.2 \cdot t^{2/3} / n$ であるので、各シンボルの相互の距離が、
 $400 / \lfloor d/2 \rfloor$
 $4 \cdot \text{NA} \cdot t / (n \cdot \lfloor d/2 \rfloor)$
 $2 \cdot 4 \cdot t^{2/3} / (n \cdot \lfloor d/2 \rfloor)$
 のいずれよりも大きくなるようにインターリーブすればよい。

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第4区分

【発行日】平成11年(1999)10月15日

【公開番号】特開平9-54956

【公開日】平成9年(1997)2月25日

【年通号数】公開特許公報9-550

【出願番号】特願平8-217357

【国際特許分類第6版】

G11B 7/00
7/125
20/12 101
20/14 341
20/18 532
540
572

【F I】

G11B 7/00 Q
7/125 C
20/12 101
20/14 341 A
20/18 532 B
540 A
572 C

【手続補正書】

【提出日】平成9年3月7日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】 光記録媒体

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル情報が、光学的に読み取り可能な状態で情報トラック上に形成された光記録媒体であって、前記情報トラックの周期は $1.3\mu\text{m}$ 以下、前記光記録媒体の透光性保護層の厚みは 1mm 以下であることを特徴とする光記録媒体。

【請求項2】 透光性保護層は基板であることを特徴とする請求項2記載の光記録媒体。

【手続補正書】

【提出日】平成10年12月4日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のセクターにまたがるデジタル情報および各セクタの属性情報を所定の順序で2次元に配列したときの各行と各列のそれぞれにパリティを付加し積符号としたブロックが情報として記録され、前記記録さ

れた情報は光学的に読み取り可能で、上記情報を読み取るための光束が透過する透明保護層の厚み t が 1mm 以下で、積符号の少なくとも1方向の符号語は、これに含まれるシンボル数を d とすると、この符号語を構成する各シンボルは互いに情報トラックに沿って少なくとも、

$$2.4 \cdot t^{2/3} / (n \cdot [d/2]) \text{ mm}$$

および

$$400 / [d/2] \text{ }\mu\text{m}$$

(ただし、 $[x]$ は x を超えない最大の整数を表す)

のいずれか大きいものの距離以上隔たるように配置して

成りることを特徴とする記録媒体。

【請求項2】複数のセクターにまたがるデジタル情報および1セクタのエラーを検出する各セクタ毎のエラー検出コードを所定の順序で2次元に配列したときの各行と各列のそれぞれにパリティを付加し積符号としたブロックが情報として記録され、前記記録された情報は光学的に読み取り可能で、上記情報を読み取るための光束が透過する透明保護層の厚み t が1mm以下で、積符号の少なくとも1方向の符号語は、これに含まれるシンボル数を d とすると、この符号語を構成する各シンボルは互いに情報トラックに沿って少なくとも、

$$2.4 \cdot t^{2/3} / (n \cdot [d/2]) \text{ mm}$$

および

$$400 / [d/2] \text{ } \mu\text{m}$$

(ただし、 $[x]$ は x を超えない最大の整数を表す)

のいずれか大きいものの距離以上隔たるように配置して成りることを特徴とする記録媒体。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】通常の使用環境下において、許容しなければならない表面の疵や埃の大きさの上限は、実験的・経験的には $200 \mu\text{m}$ 程度である。したがって、透明保護層の厚みが無視できる程薄くても、 $200 \mu\text{m}$ にわたる信号の欠落に耐え得る記録フォーマットとしなければならない。さらに、透明保護層の厚みがさらに厚くなると、その表面における光ビームの径が $200 \mu\text{m}$ を越えるときには、そのビーム径相当の長さの信号が欠落してもそれに耐え得るような信号フォーマットとしなければならない。透明保護層の屈折率を n 、その厚みを t (mm)、対物レンズの開口数を NA と表せば、透明保護層表面における光ビームの径 D は、

$$D \approx 2 \cdot NA \cdot t / n \text{ (mm)}$$

となる。透明保護層の厚み1.2mmに対する開口数の実用限界は0.55であるので、上記透明保護層に対する開口数の限界 NA は、

$$NA \approx 0.55 \cdot (1.2 / t)^{1/3}$$

$$\approx 0.58 / t^{1/3}$$

したがって、

$$D \approx 1.2 \cdot t^{2/3} / n$$

となる。このような長さの信号の欠落が頻繁に発生することになるので、それに耐え得るような記録フォーマットとしなければならない。そこで本発明は、以下のようにしてその課題を解決しようとするものである。

(1) 積符号を用い、繰り返し訂正や消失訂正などの強力な誤り訂正もできるようにする。

(2) 少なくともいずれか一方の符号語は、上記したような長さの信号の欠落によるバースト誤りを訂正しても、

ランダム誤りに対する訂正能力が少なくとも半分は残るようにインターリーブ長を確保する。

(3) 少なくともいずれか一方の方向の符号語は、その能力の限界までの訂正動作を行っても、能力の限界を越えた誤りを誤訂正することによって生じる誤りのビットエラー率がコンピュータ用の補助記憶装置のビットエラー率の限界とされる 10^{-12} をこえないようにするのに必要な数以上のシンボル数のパリティを付加し、それと直交する方向に消失訂正できるようにする。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】このとき、訂正不可能な行方向の符号語にはフラグをセットする。行方向の符号語にセットされたフラグの数が列方向のパリティの数よりも少ないときには、これらの符号語がすべて消失したものと見なして、列方向の符号語に対して消失訂正することにより、完全な誤り訂正を行うことができる。上記フラグが多すぎるときには消失訂正ではなく、通常の誤り訂正を行う。このとき、列方向の符号語が少なくとも1つ訂正され、全部は訂正されなかった場合には、もう1度上記行方向の訂正動作から繰り返し行えばよい。このような消失訂正を行うときには、上記フラグの信頼性が重要である。例えば、行方向の訂正動作のとき、本来は訂正不可能な誤りを誤訂正してしまったときにはフラグがセットされず、列方向に能力一杯に消失訂正すると、この誤訂正が見落とされ、誤りを含んでいるにもかかわらずそれを正しいと見なして訂正動作を完了してしまう。このような消失訂正の問題を解決するためには、行方向の訂正動作における誤訂正によって生じる誤りのビットエラー率を、コンピュータの補助記憶装置に一般的に要求される 10^{-12} 以下とする必要がある。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】誤訂正の確率を十分小さくするのに必要なパリティのシンボル数について、以下に説明する。いま、各シンボルは k ビットから成る、すなわち、符号語はガロア体 $GF(2^k)$ 上に生成されているものとする。パリティのシンボル数を d とすれば、訂正できるシンボル数は、

$[d/2]$ シンボル

(ただし、 $[]$ はガウス記号であり $[X]$ は X を超えない最大の整数を表す)

である。誤っているシンボルの数が $[d/2] + 1$ 以上になると誤訂正する可能性がある。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】符号語が m 個のデータシンボルと d 個のバリティシンボルとから構成される、リード・ソロモン符号のようなもっとも効率のよい符号語であるものとする。このようなある符号語の中から任意に m 個のシンボルを取り出すと、その中にエラーが含まれていても、その m 個がそのようなエラーを含んだ値を本来の正しい値とする他の符号語は必ず存在する。 m 個のデータは任意の値を取り得るからである。ただしその様な他の符号語における残りの d 個のシンボルに関しては、上記 m 個のシンボルにエラーがない元の符号語に比べて、ほとんどの場合すべて異なった値となる。ところが、残りの d 個のシンボルの内 $d - \lfloor d/2 \rfloor$ 個のシンボルがエラーで、しかもそれらのシンボルが上記他の符号語のそれらと同じ値に間違っていると、上記他の符号語の残りの $\lfloor d/2 \rfloor$ 個のシンボルだけがエラーとなったように見えて、他の符号語に訂正動作をしてしまう。その結果、符号語は誤った符号語に訂正されることになる。各シンボルが k ビットから構成されるとすれば、シンボルが誤ったとき取り得る値は $(2^k - 1)$ 通り存在するので、他の符号語の中の対応する位置のシンボルと同じ値に誤る確率は、

$$1 / (2^k - 1)$$

である。したがって $d - \lfloor d/2 \rfloor$ 個のシンボルがすべて他の符号語のそれらに対応する位置のシンボルの値と同じ値に誤る確率は

$$d - \lfloor d/2 \rfloor = \lfloor (d-1)/2 \rfloor + 1 \quad \text{であるので、}$$

$$1 / (2^k - 1)^{\lfloor (d-1)/2 \rfloor + 1}$$

である。一般に、データ用の記憶装置において許容される誤りの発生頻度は、 10^{12} ビットに1回の割合であると言われている。したがって、この符号語に含まれる情報のシンボル数を m とすれば、

$$(2^k - 1)^{\lfloor (d-1)/2 \rfloor + 1} \geq 10^{12} / (k \cdot m)$$

を満たすように d を決めれば、十分に信頼性の高い消失訂正を行うことができる。シンボルのビット数 k が8で、情報のシンボル数 m が30以上とすれば、 d は7以上であればよい。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0019

【補正方法】変更

【補正内容】

【0019】次に、インターリーブについて説明する。インターリーブとは1つの符号語の中の各シンボルが記録媒体上に連続して記録されるのではなく、一定の間隔をおいてとびとびに記録されるように並び変えて記録することである。積符号においては、少なくとも一方の方向の符号語が、インターリーブされた状態となる。こうすることによって、読取信号に比較的長い欠落によるバーストエラーがあっても、その欠落によるバーストエラーによって1つの符号語の中に多数の誤りが発生するのを防ぐことができる。比較的頻繁に起こる程度のバーストエラーに対しては、1つの符号語の中に高々1つの誤りしか発生しないようにするのが理想的であるが、1つのバーストエラーによって生じる誤りのシンボル数が訂正可能なシンボル数の半分以上であれば、ブロック内にもうひとつのバーストエラーがあっても訂正するだけの能力の余力があり、インターリーブとしては十分効果的であると言える。符号語に含まれるバリティのシンボル数を d とすれば、訂正できるシンボル誤りの数は $\lfloor d/2 \rfloor$ であるので、符号語に含まれる各シンボルの相互の距離が、読取信号のバーストエラーの長さを $\lfloor d/2 \rfloor / 2$ で割った値以上であればよい。頻繁に発生する読取信号のバーストエラーの長さは記録媒体上の距離にして、 $200 \mu\text{m}$ 、 $2 \cdot \text{NA} \cdot t / n$ あるいは $1.2 \cdot t^{2/3} / n$ であるので、各シンボルの相互の距離が、 $400 / \lfloor d/2 \rfloor$
 $4 \cdot \text{NA} \cdot t / (n \cdot \lfloor d/2 \rfloor)$
 $2 \cdot 4 \cdot t^{2/3} / (n \cdot \lfloor d/2 \rfloor)$
 のいずれよりも大きくなるようにインターリーブすればよい。

This Page Blank (uspto)